



教育部高职高专规划教材

国家级精品课程教材

水力学



张耀先 主编
罗 景 刘治映 副主编



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材
国家级精品课程教材

水 力 学

张耀先 主 编
罗 景 刘治映 副主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

水力学/张耀先主编. —北京: 化学工业出版社,
2005.5

教育部高职高专规划教材. 国家级精品课程教材
ISBN 7-5025-7056-X

I. 水… II. 张… III. 水力学-高等学校: 技术
学院-教材 IV. TV13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 046454 号

教育部高职高专规划教材

国家级精品课程教材

水 力 学

张耀先 主编

罗 景 刘治映 副主编

责任编辑: 王文峡

文字编辑: 李玉峰

责任校对: 蒋 宇

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

[http:// www. cip. com. cn](http://www.cip.com.cn)

*

新华书店北京发行所经销
北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 14 3/4 字数 347 千字

2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7056-X

定 价: 24.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换



简介

张耀先教授，1945年8月生，1968年毕业于武汉水利电力大学。现任开封市科协常委，教育部水利学科教学指导委员会高职高专组委员，全国水利水电高职教研会秘书长。荣获全国优秀教师称号，为2003年首批国家级精品课程之一《水力学》课程负责人。主要从事《水力学》、《流体力学》等课程的教学，历任教务处长、系主任等职，先后主编教材4本，参编3本，专著1本，在国内外刊物上公开发表论文20多篇，主持《南水北调中线引水安阳河倒虹工程动床模型试验研究》等10多项生产和科研项目。

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分汲取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前

言

本书是根据国务院批转的《2003~2007 年教育振兴行动计划》和教育部、国务院发展改革委、财政部、人事部、劳动保障部、农业部、国家扶贫办联合下发的《关于进一步加强职业教育工作的意见》等文件精神编写的,是教育部高职高专规划教材及国家级精品课程教材。

本书为适应高等职业教育基本学制改革,参照全国水利水电高职高专教研会制定的三年制水利水电工程专业《水力学》教学大纲,在保持原教学体系基本不变的基础上,以适当、够用为度,按照两年制教学的需要,对原三年制教学大纲进行了修订,内容作了取舍,凡属同一类型计算的不同方法,只保留常用典型的一种,文字叙述删繁就简,力求通俗易懂,概念清晰,结构紧凑,语言顺畅。由于本书遵照循序渐进的原则,深入浅出地分析问题,特别适用于高中入学专科两年制,初中入学五年制和少学时三年制专业及成人专科教育教学。

本书的例题、习题和图表力求结合专业,突出实用,前后照应,避免重复。本书的篇幅少,内容精练,是同类三年制教材页数的二分之一,是一本学生易懂、教师好用的教材。

本书是由 2003 年国家级精品课程负责人、主讲教师黄河水利职业技术学院张耀先教授主编,湖北水利水电职业技术学院罗景、湖南水利水电职业技术学院刘治映副主编,华北水利水电学院孙东坡教授主审,参加本书编写的还有华北水利水电学院水利职业学院李倩,黄河水利职业技术学院许新庆、王勤香、楚万强、张瑞雪、田静,山西水利职业技术学院薛元琦,工程水力学部分还邀请了水利部黄河水利委员会勘测规划设计研究院任国强高级工程师参与编写。许多水力学同仁对本书的编写提出了宝贵意见,在此一并表示感谢。

由于高职高专教育刚刚推行两年制,对高职高专两年制教材的编写也是初次尝试,所以不足之处在所难免,恳请广大读者对本书的缺点和错误予以批评指正。

编者

2005 年 2 月

内 容 提 要

本书为高职高专院校水利水电工程、水利工程专业编写，是一本适用于高中入学两年制、初中入学五年制专业需要的规划教材和国家级精品课程教材。全书共十章，内容包括绪论、水静力学、水流运动的基本原理、水流型态和水头损失、有压管道恒定流、明渠恒定均匀流、明渠恒定非均匀流、堰流和闸孔出流、水工建筑物下游水流衔接与消能、高速水流简介。

本书也适用于水文水资源工程、给水排水、水利工程监理、水利工程施工、道路与桥梁、水土保持、水电站动力设备、治河防洪、环境水利、水务工程等专业，特别是对少学时水利类专业和成人教育专科层次更为适宜，还可供水利水电工程技术人员参考。

目

录

第一章 绪论	1
第一节 水力学的任务及其在水利水电工程中的应用	1
第二节 液体的基本特性和主要物理力学性质	2
一、液体的基本特性	2
二、液体的主要物理力学性质	3
第三节 理想液体的概念	6
第四节 作用于液体上的力	7
一、面积力	7
二、质量力	7
第五节 水力学的研究方法	7
一、理论分析法	8
二、试验研究法	8
三、数值计算法	8
习题	8
第二章 水静力学	9
第一节 静水压强及其特性	9
一、静水压强	9
二、静水压强的特性	10
第二节 静水压强的基本规律	11
一、静水压强的基本方程	11
二、静水压强方程式的意义	13
三、压强的表示方法	14
第三节 压强的单位和量测	16
一、压强的单位	16
二、压强的测量及计算	17
第四节 作用于平面壁上的静水总压力	20
一、静水压强分布图	20
二、矩形平面壁上的静水总压力的图解法	21
三、作用于任意形状平面壁上的静水总压力	22
第五节 作用于曲面壁上的静水总压力	26
一、静水总压力的两个分力	26
二、曲面壁上的静水总压力	29
三、作用于物体上的静水总压力	30

习题	31
第三章 水流运动的基本原理	36
第一节 水流运动的一些基本概念	36
一、描述水流运动的两种方法	36
二、流管、微小流束、总流、过水断面	38
三、水流的运动要素	39
四、水流运动的类型	40
第二节 恒定总流连续性方程	42
第三节 恒定总流的能量方程	44
一、微小流束的能量方程	44
二、恒定总流中动水压强的分布规律	46
三、恒定总流的能量方程	47
四、能量方程的意义	49
第四节 能量方程的应用条件及应用举例	51
一、能量方程的应用条件及注意事项	51
二、能量方程的应用举例	52
第五节 恒定总流的动量方程	56
一、动量方程的推导	56
二、动量方程式的适用条件	58
三、动量方程的应用举例	58
习题	62
第四章 水流型态与水头损失	67
第一节 水头损失的类型及边界的影响	67
一、产生水头损失的原因及水头损失的分类	67
二、液流边界几何条件对水头损失的影响	68
第二节 水流运动的两种流态	69
一、雷诺试验	69
二、水流型态的判别	70
三、水流流动型态和水头损失关系	71
四、雷诺数的物理意义	72
五、紊流的形成过程	72
第三节 层流运动的特点	73
第四节 紊流运动	74
一、紊流的基本特征——脉动现象	74
二、紊流的切应力	75
三、紊流中的黏性底层	76
四、紊流的流速分布	77
第五节 沿程水头损失的分析和计算	78
一、沿程水头损失的经验公式——谢才 (Chèzy) 公式	78
二、沿程水头损失计算的公式——达西-魏兹巴赫 (Darcy Weisbach) 公式	80
三、沿程阻力系数 λ 的测定与分析	80

第六节 局部水头损失的分析与计算	84
第七节 绕流阻力与升力	88
习题	90
第五章 有压管道中的恒定流	92
第一节 概述	92
一、管流的定义和分类	92
二、管流的计算类型	93
第二节 简单短管的水力计算	94
一、自由出流	94
二、淹没出流	95
三、管径的确定	96
四、气穴与气蚀	97
五、总水头线和测压管水头线的绘制	98
第三节 简单短管应用举例	100
一、虹吸管的水力计算	100
二、水泵装置的水力计算	101
三、倒虹吸管的水力计算	103
第四节 简单长管的水力计算	104
一、简单长管的水力计算	104
二、简单长管水力计算的类型	105
三、枝状管路水力计算	107
第五节 水击现象简介	108
习题	109
第六章 明渠恒定均匀流	113
第一节 概述	113
一、明渠的边界特性	113
二、明渠的底坡	114
第二节 明渠均匀流的特性及其产生条件	115
一、明渠均匀流的特性	115
二、明渠均匀流的产生条件	116
第三节 明渠均匀流的计算公式	116
第四节 明渠均匀流计算中的几个问题	117
一、水力最佳断面	117
二、渠道中的允许流速	118
三、河渠的糙率问题	120
四、复式断面渠道的水力计算	123
第五节 渠道的水力计算	124
一、渠道的设计流量	124
二、渠道底坡的确定	125
三、渠道边坡系数的确定	125
四、渠道超高的确定	125

五、渠道断面尺寸的确定	125
习题	127
第七章 明渠恒定非均匀流	129
第一节 概述	129
第二节 明渠非均匀流的一些基本概念	130
一、干扰波的传播与明渠水流的三种流态	130
二、断面比能（断面单位能量）	133
三、临界水深 h_k	134
四、陡坡、缓坡、临界坡	137
第三节 水跌与水跃	139
一、水跌	139
二、水跃	140
第四节 明渠恒定非均匀渐变流基本方程式	144
第五节 棱柱体渠道中非均匀渐变流水面曲线的分析	145
一、建立水深沿程变化的微分方程	145
二、水面线的分类	146
三、棱柱体渠道中水面曲线的定性分析	147
四、明渠中水面线连接问题及分析实例	151
第六节 棱柱体渠道中非均匀渐变流水面曲线的计算	153
一、明渠中恒定非均匀渐变流断面比能沿流程变化的微分方程	153
二、棱柱体渠道中水面曲线计算的分段求和法	154
三、实例计算	154
第七节 弯道水流简介	159
习题	162
第八章 堰流和闸孔出流	164
第一节 概述	164
第二节 闸孔出流	165
一、闸孔出流流态的判别	166
二、平顶堰上闸孔自由出流	167
三、平顶堰上的闸孔淹没出流	170
四、曲线坎上闸孔自由出流	171
第三节 堰流	172
一、堰流的基本公式	173
二、薄壁堰流的水力计算	174
三、实用堰流的水力计算	176
四、宽顶堰流的水力计算	182
习题	186
第九章 水工建筑物下游水流衔接与消能	188
第一节 概述	188
一、底流式消能	188
二、挑流式消能	189

三、面流式消能·····	189
第二节 底流式衔接与消能·····	189
一、判别建筑物下游底流式衔接的形式·····	189
二、收缩断面水深计算·····	190
三、消力池的水力计算·····	192
四、底流式衔接与消能中的其他设施·····	197
第三节 挑流消能的水力计算·····	198
一、挑距的计算·····	199
二、冲刷坑深度的估算·····	200
三、连续式挑坎尺寸的拟定·····	201
习题·····	202
第十章 高速水流简介 ·····	204
第一节 高速水流的压强脉动现象及对建筑物的影响·····	204
一、高速水流的脉动现象及脉动压强·····	204
二、压强脉动对水工建筑物的影响·····	204
三、减轻脉动压强的措施·····	205
第二节 水工建筑物的气蚀问题·····	205
一、水工建筑物的气蚀现象·····	205
二、气蚀的成因·····	205
三、避免或减轻气蚀的措施·····	205
第三节 明渠高速水流掺气·····	206
一、水流的掺气现象·····	206
二、水流掺气对水工建筑物的影响·····	206
第四节 明渠急流冲击波现象·····	206
一、冲击波现象·····	206
二、冲击波的成因·····	207
三、避免和减轻冲击波的措施·····	207
四、陡槽中的滚波简介·····	208
五、雾化水流·····	208
习题·····	208
附录 ·····	210
附录一 求解图·····	210
附录二 常用水力学符号表·····	214
附录三 各章习题部分参考答案·····	218
参考文献 ·····	223

第一章

绪

论

提要

本章包括两个方面的内容，首先介绍水力学的任务及其在水利水电工程中的应用，其次介绍液体的主要物理力学性质，以便在今后各章的学习中，理解它们在液体运动时所起的作用。

第一节 水力学的任务及其在水利水电工程中的应用

水和人类生活、工农业生产有着十分密切的关系。早在几千年以前，人类就开始与洪水灾害进行不懈的斗争。随着生产发展的需要，人们兴修了许多巨大的灌溉、航运工程。在长期改造自然的斗争中，不断实践、进行科学试验，逐步认识了水流运动的各种规律，形成了水力学这门学科。

水力学的研究对象是以水为代表的液体，水力学的任务是研究液体静止和运动状态下的规律及其在工程实际中的应用。水力学所研究的基本规律分为两大部分：一是液体处于静止状态的平衡规律，称为水静力学；二是液体流动状态下的运动与能量转换规律，称为水动力学。水力学是高等工科院校许多专业必修的一门技术基础课程，它是力学的一个分支，物理学和理论力学的知识是学习水力学课程必要的基础。

水利水电工程中常见的水力学问题有以下几个方面。

1. 水工建筑物的水压力问题

研究坝身、闸门、挡土墙、管壁上的静水压力和动水压力的计算，并探讨减小不利作用力的途径，作为水工建筑物设计的依据。

2. 水工建筑物及河渠的过水能力问题

研究渠道、水闸、管道和溢洪道等的过水能力的计算，并探讨提

高其过水能力的方法，为合理确定建筑物的形式、尺寸提供依据。

3. 水工建筑物中的水流形态问题

研究水流流经水工建筑物附近及河渠中的水流现象及水流流态。探讨它们对工程的影响以及如何改善它们，以免产生不利的作用。为合理布置建筑物，确保建筑物的正常运行，以及建筑物和下游河道的稳定提供依据。

4. 水流通过水工建筑物时的能量损耗问题

研究水流通过水电站、抽水站和各种渠道建筑物所引起的能量损失的计算，水流流经滚水坝、溢洪道、水闸和跌水下游的消能计算，并探讨提高有效能量的利用和加大多余能量的消耗，为采取有效措施消除水流对水工建筑物、河道的破坏作用提供依据。

此外，在进行河道水文要素观测时，其观测站的选定、测速垂线和测点的布设、历史洪水的调查，都在不同程度上应用了水力学的概念和基本理论，为水文测验、分析和研究提供了理论依据。

以上几个研究方面，并不是水力学的全部内容，只是介绍了水利水电工程中常见的一些水力学问题。除此以外，还有闸坝的渗流问题，河道的挟沙水流问题、高速水流问题、波浪运动问题，以及水工模型试验的有关问题等，也都属于水力学的研究范畴。

第二节 液体的基本特性和主要物理力学性质

要了解研究液体静止状态下的平衡规律和流动状态下的运动规律，首先应从分析液体的受力情况着手，而任何一种外力的作用，都是通过液体本身固有的性质来体现的，所以必须对液体的基本特性和主要物理力学性质有所了解。

一、液体的基本特性

自然界的物质存在着三种状态：固体、液体和气体。固体分子之间的距离很小，内聚力很大，所以它能保持着固有的形状和体积，能承受拉力、压力和剪切力。气体的分子间距离很大，内聚力却很小，所以它没有固定的形状和体积，它极容易被压缩，能任意扩散到其占有的整个有限空间。液体分子的间距介于固体和气体之间，其内聚力比固体小，而比气体大，所以液体不能保持固有的形状，却能保持一定的体积。液体几乎不能承受拉力，极易发生变形和流动，所以又将液体和气体统称为流体。液体可以压缩，但不易压缩，只有在较大的压力作用下，液体才能显示出极微小的体积变化。

液体的微观结构是由运动着的分子组成的，而分子间具有空隙，从微观的角度来看，液体是不连续的、不均匀的。但是在水力学中，研究的不是液体的分子运动，而是液体的宏观机械运动。在研究的过程中，把液体的质点作为最小的研究对象。所谓液体质点是由许多液体分子所组成的、保持着宏观液体的一切特性，而体积很小，只占据了一个点空间的液体微团。因此，可以把液体看作是液体的质点一个挨着一个地充满着液体的全部体积，这样就可以把液体当作连续介质来看待，而且可以把液体看作是密度分布均匀的，各部分和各方向的物理性质都是一样的。

总之，在水力学中研究的流体是一种容易流动的、不易压缩的、均质和各向同性的连续性介质。

二、液体的主要物理力学性质

(一) 惯性

惯性是物体所具有的反抗改变其原有运动状态的一种物理力学性质。其大小与该物体的质量和运动的加速度成正比。物体惯性的大小可以用质量来度量。质量愈大的物体，惯性愈大，其反抗改变其原有运动状态的能力也就愈强。设物体的质量为 m ，加速度为 a ，则惯性力

$$F = -ma \quad (1-1)$$

质量的标准单位为 kg ；加速度的单位为 m/s^2 。

对于质量是均匀分布的均质液体，其单位体积的质量称为密度，即

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-2)$$

式中 V ——液体的体积。

密度的单位为 kg/m^3 。

(二) 万有引力特性

物体之间具有相互吸引力的性质叫万有引力特性，这种吸引力就叫万有引力。同样，地球上的物体，都会受到地心引力的作用，这种地球对物体的引力就称为重力（或重量）。重力用 G 表示，重力的单位为 N 或 kN 。对于质量为 m 的液体，其重力为

$$G = mg \quad (1-3)$$

式中 g ——重力加速度，国际计量委员会规定： $g = 9.80665 \text{m/s}^2$ 为标准重力加速度。为简化计算，本教材采用 $g = 9.80 \text{m/s}^2$ 。

对于均质液体，单位体积的重力称为容重，则容重为

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1-4)$$

容重的单位为 N/m^3 或 kN/m^3 。在水力学中，容重有时也称为重度或重率。

由式 (1-3) 和式 (1-4)，可得容重与密度的关系为

$$\gamma = \rho g \quad (1-5)$$

因为液体的体积随着温度和压强的变化而变化，故其容重与密度也将随之而发生变化，但变化量很小。工程中常将水的容重和密度视为常数，采用温度为 4°C ，压强为一个标准大气压的条件下，水的容重为 9.80665kN/m^3 ，密度为 1000kg/m^3 。在水力计算中，为简化计算一般采用水的容重为 9.80kN/m^3 。

【例 1-1】 已知某液体的体积为 6m^3 ，密度为 983.3kg/m^3 。求该液体的质量和容重。

解：由式 (1-2) 得，液体的质量为

$$m = \rho V = 983.3 \times 6 = 5899.8 \text{ (kg)}$$

由式 (1-5) 得，液体的容重为

$$\gamma = \rho g = 983.3 \times 9.80 = 9636.3 \text{ (N/m}^3\text{)}$$

(三) 液体的黏滞性

液体在运动状态下，质点间、流层间都存在着相对运动，从而在质点与质点之间，流层与流层之间产生了内摩擦力（又叫黏滞力），以抵抗其相对运动产生的剪切变形。液体这种产生内摩擦力，具有抵抗剪切变形能力的特性称为液体的黏滞性（又叫黏性）。黏滞性是液

体固有的一种物理力学性质。它只有在液体质点间、流层间存在相对运动时才显示出来，静止液体是不显示黏滞性的。也就是说，静止状态下的液体是不能承受切力来抵抗剪切变形的，一旦液体发生剪切变形，静止状态即遭破坏。

例如，把水装在一只桶里，用木棍搅动需要一定的力气。这说明液体有黏滞性。又如，把柴油装在另一只桶里，也用木棍搅动，搅动的快慢相同，会感到在油里比在水里用的力气要大。这说明油的黏滞性比水要大。

再举一个液体有黏滞性的例子。如果测出渠道水流的沿水深各点的流速 u ，并绘出垂线流速分布，如图 1-1 (a) 所示（图中每根带箭头的线段的长度表示该点流速的大小），就会发现横断面上的流速分布是不均匀的。渠底流速为零，随着离开固体边界的距离的增加，流速逐渐增大，至水面附近流速最大。为什么水流横断面上会形成不均匀的流速分布呢？因为水流有黏滞性。紧靠固体壁面的第一层极薄水层由于附着力的作用而贴附在壁面上不动，第一水层将通过黏滞（摩擦）作用而影响第二水层的流速，第二水层又通过黏滞作用而影响第三水层的流速。如此逐层影响下去，离开壁面的距离愈大，壁面对流速的影响愈小，其结果就形成了如图 1-1 (a) 所示的流速分布规律。就是这样，固体边界通过液体的黏滞性，对液体运动起着阻滞作用，使液体各水层的流速不等。流得快的水层对流得慢的水层起拖动作用，因而快层作用于慢层的摩擦力与流向一致；反之，慢层对快层起阻滞作用，则慢层作用于快层的摩擦力与流向相反，如图 1-1 (b) 所示。

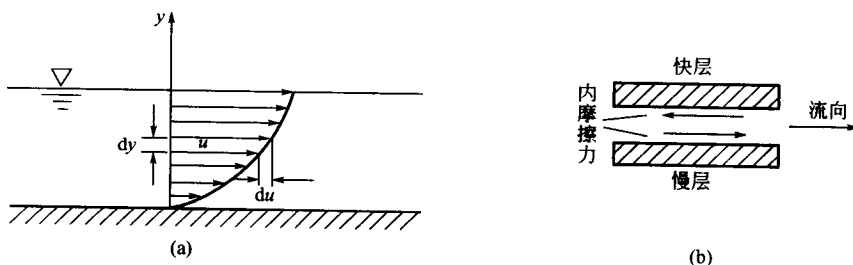


图 1-1

试验表明：对于液体质点互不混渗的层流运动（第四章中讲述），液体摩擦力 T 与液层间接触面面积 A 成正比，与流速变化 du 成正比，和两流速层间的距离 dy 成反比，与液体的性质有关，而与接触面上的压力无关。这一结论称为牛顿内摩擦定律，可表示为

$$T = \mu A \frac{du}{dy} \quad (1-6)$$

单位面积上的内摩擦力称为黏滞切应力，用 τ 表示，即

$$\tau = \frac{T}{A} = \mu \frac{du}{dy} \quad (1-7)$$

式中 μ ——动力黏滞系数， $\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ 或 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ ；

A ——相邻流层间接触面的面积；

$\frac{du}{dy}$ ——流速梯度，是沿垂直于流动方向上，各流层间流速的变化率，它反映流速沿 y

方向的变化程度。式 (1-7) 表明切应力与流速梯度呈线性关系。显然，流速梯度较大的地方，切应力 τ 也应较大。

动力黏滞系数 μ 值与液体的性质和温度有关，它反映了液体的性质对内摩擦力的影响，

是度量液体黏滞性大小的物理量。 μ 值大的黏滞性大， μ 值小的黏滞性小。

在水力学中，液体的黏滞性还可另用另一种形式 $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ 来描述， ν 称为运动黏滞系数， ν 的单位为 m^2/s 。

不同种类的液体，黏滞性系数不同。即使同一液体，黏滞性也随温度的升高而减少。设水温为 t ，以 $^{\circ}\text{C}$ 计，水的运动黏滞系数可用下述经验公式求得

$$\nu = \frac{0.01775}{1 + 0.0337t + 0.000221t^2} \quad (1-8)$$

式中， ν 的单位为 cm^2/s 。不同温度条件下水的 μ 和 ν 值，参见表 1-1。

表 1-1 不同温度条件下水的物理性质

温度 / $^{\circ}\text{C}$	容重 γ /(kN/m^3)	密度 ρ /(kg/m^3)	动力黏滞系数 μ /($10^{-3}\text{Pa} \cdot \text{s}$)	运动黏滞系数 ν /($10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$)	体积压缩系数 β /($10^{-9}/\text{Pa}$)	表面张力系数 σ /(N/m)
0	9.805	999.9	1.781	1.785	0.495	0.0756
5	9.807	1000.0	1.518	1.519	0.485	0.0749
10	9.804	999.7	1.306	1.306	0.476	0.0742
15	9.798	999.1	1.139	1.139	0.465	0.0735
20	9.789	998.2	1.002	1.003	0.459	0.0728
25	9.777	997.0	0.890	0.893	0.450	0.0720
30	9.764	995.7	0.798	0.800	0.444	0.0712
40	9.730	992.2	0.653	0.658	0.439	0.0696
50	9.689	988.0	0.547	0.553	0.437	0.0679
60	9.642	983.2	0.466	0.474	0.439	0.0662
70	9.589	977.8	0.404	0.413	0.444	0.0644
80	9.530	971.8	0.354	0.364	0.455	0.0626
90	9.466	965.3	0.315	0.326	0.467	0.0608
100	9.399	958.4	0.282	0.294	0.483	0.0589

(四) 液体的压缩性

液体不能承受拉力，只能承受压力，液体受压力作用，产生体积变形，当压力除去后又恢复原状、液体的体积随所受压力的增大而减小的特性，称为液体的压缩性。

液体压缩性的大小可用体积压缩系数 β 来表示。设质量一定的液体，其体积为 V ，当压强增加 $d p$ 时，体积相应减小 $d V$ ，其体积的相对压缩值为 $\frac{d V}{V}$ ，则体积压缩系数

$$\beta = -\frac{\frac{d V}{V}}{d p} \quad (1-9)$$

由于液体的体积总是随压强的增大而减小的，则 $d V$ 与 $d p$ 的符号总是相反的，规定 β 取正值，故式 (1-9) 的右端冠以负号。该式表明， β 值愈小液体愈不易压缩。体积压缩系数 β 的单位为 m^2/N 或 $1/\text{Pa}$ 。

液体的体积压缩系数与液体的性质有关，同一种液体的 β 值也随温度和压强的变化而变化，但变化不大，一般视为常数。不同温度下的 β 值见表 1-1。对于水，在普通水温的情况下，每增加一个标准大气压强，水的体积比原体积缩小约 $1/21000$ ，可见水的压缩性是很小的。在实际应用中，除某些特殊问题外，通常情况下视为液体是不可压缩的，即认为液体的体积和密度是不随温度和压力的变化而变化的。